

學校建物の 에너지節約과 透明斷熱材

Transparent Insulation and Energy Saving in a School Building

李 星*
Lee, Sung

ABSTRACT

Because of energy crisis and environment pollution, we have become more conscious of the need to conserve heat in buildings. In response to this need, new requirements have been developed for insulation and other matters relating to energy consumption. Among others, more promising is to use the energy that is all around us in the dynamic forces of nature: the wind, tides, waves, rivers, geothermal hot spots, and the sun. The problem is that we have not been forced to find the technological means to convert these natural energies into usable forms because it has been too easy simply to dig or pump our energy out of the ground.

Now, the problem is not a shortage of energy itself, but a shortage of technology for converting the energy that lies all around us into usable forms.

Energy-conversion technology is the real issue, and solar energy is one of the brightest and most promising frontiers in energy conversion.

All buildings are wrapped in a skin. Generally skins protect the person in stay from rain, wind, dust, noise, cold, hot etc.. However, there are some skins that provide energy from given environment into the building. Out of all, transparent insulation material is one of these materials that most effectively satisfies this kind of envelope function. Since, there are no research on transparent insulation in Korea, it has been studied very actively in Europe and in America.

Thus, in this thesis, we will theoretically study and analyze how the heat flows through a transparent insulated opaque wall of a school building in Korea. It will be an important information for the effective using guidelines of transparent insulation materials in Korea.

* 正會員, 東義大 建築工學科 副教授

이 研究는 1994年度 東義大 學校 自體學術研究 造成費에 의하여 研究 되었음.

本 論文은 本學會 '95年度 春季學術講演會에서 發表된 內容임.

I. 序 論

건축물의 냉, 난방 에너지 절약을 위한 대체 에너지 개발은 오늘날 날로 그 심각성이 증대되고있는 환경 오염 방지에 크게 기여할 것이며 또한 미래의 에너지공급을 가장 경제적으로 보장 받을수 있을것이다. 이 에너지 절약 대책중 가장 타당성있고 적합한 대책중의 하나가 바로 태양 에너지 이용을 극대화 시킬수있는 투명 단열재의 건축물에의 적용일것이다.

그러나 이 투명 단열재는 지리적인 위치나 기후조건 그리고 건축물의 용도에 따라 건축물의 외피에 다양하게 에너지를 공급하며 나아가서는 구조물에 여러가지 부정적인 영향을 주기도 하기 때문에 투명 단열된 특정 건축물에서의 외피를 통한 에너지 취득에 대한 연구는 어떤 건축물에 투명 단열재를 사용하기 위해 필수적으로 선행되어야 하는 연구과제이다.

그중에서도 학교 건축물 특히도 초 중등 학교의 내부공간은 겨울과 중간기에 수업을 받기에 너무 온도가 낮아 수업능을 저하등의 원인이 되고 있으며 설사 난방이 되더라도 주로 기름을 에너지 원으로 하고있어 화재의 위험은 물론 배기가스에 의한 외기 오염의 원인이 되면서도 재실자는 외피의 단열부족과 많은 틈새에의해 외풍현상에 의한 추위를 견뎌가며 수업을 받아야 하는 것이 오늘날 학교 건축물의 현실이다

이러한 열악한 실내환경을 반 영구적인 에너지원인 태양 에너지를 이용하여 수업을 보다 능률적으로 따뜻하게 받을수 있는 쾌적한 실내공간이 될수있도록 본 연구에서는 투명 단열재를 이용하여 그 방법을 모색 하고자 한다. 학교 건물은 특히도 야간에는 전혀 사용이 안된다는 특성을 갖고있어 태양 에너지 이용에 이상적인 건물이 될수도 있기 때문이다.

투명단열재는 건물의 투명, 불투명 외피를 통하여 실내열이 외부로 손실 되는것을 막아줄뿐 아니라 주위 환경으로부터 에너지(직사, 반사 광선등)를 받아들여 건물내로 공급해주는 두가지 기능을 갖고있는 최근에 개발되어 성공적으로 시

공되고있는 건축물의 에너지 대체를 위한 획기적인 재료중의 하나라고 볼 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 이 투명 단열재가 특수한 기능을갖인 학교 건물에 우리 기후및 제반 조건하에서 적용될경우 이론적인 에너지 대체효과를 기존의 단열방식과 비교 분석하여 기존 혹은 앞으로의 학교 건축물의 난방 에너지를 태양 에너지로 대체 하기위한 기본 지침서가 될 수 있도록 하기위해 기존의 한 학교건물을 선택하여 에너지 대체효과에 대해 연구 분석 하였다.

II. 本 論

1. 주어진 조건 분석

에너지 절약형 건축물이라고 해서 그 건물의 목적, 기능 그리고 쾌적성등에 제약이나 조건 같은것이 있어서는 안됨과 동시에 장래의 냉, 난방을 위한 에너지 절약이 쾌적하게 이루어져야 할 것이다. 그래서 본 연구 에서는 주어진 학교 건축물에서 그 기능이 고려되고 그특성에 맞게 에너지 소모를 최소화 시킬수 있고 태양 에너지 취득을 최대화 시키기 위해서 지역적인 요소와 건축적인 요소가 우선적으로 분석 되었다.

지역적인 요소라 하면 무엇보다 냉, 난방을 위한 에너지 소모에 영향을주는 변화하는 기후조건이 될것이며 주로 일사량, 외기온도 등이 될것이다.

건축적인 요소라 하면 그 지역 특성에 맞게 개발, 시공되어온 건물형태, 건축 구조, 재료 그리고 기능에따른 구성형태가 주로 이 건축적인 요소에 속할것이다.

2.1 기 후

본 논문에서는 학교의 시설이 가장많고 기후조건이 좋지않은 지역인 서울의 학교 건축물에 대해 연구 되었기에 서울의 기후조건에 대해서만 분석하고자 한다.

서울은 북위 37° 34' 에 위치하며 냉, 난방 에너지 소모와 태양 에너지 취득에 영향을 주

는 주요 요소는;

- 일사량
- 일조시간
- 외기 온도
- 실내 온도

가 될 것이며 본 연구논문에서는 1972년-1980년의 평균 기온이 [1]에서 환산되어 적용되었으며 시간별 에너지 흐름을 분석하기 위해서는 1993년 11월-1994년 3월 까지의 기후조건은 기상청 료를 이용하였다. 수직면에 대한것은 우리나라에서는 아직 공식적으로 측정된것이 없어 부득이 1983년도의 것을 [1]에서 환산 적용하였다.

위 기후조건에서 몇가지 중요한 사항들을 알 수있는데 그중에서도 중요한 것은:

- 일 사 량 : 361.32kWh/m²(난방기간 : 11월부터 3월까지)
- 일조시간 : 824시간(난방기간 : 11월부터 3월까지)
- 외기온도 : -3.4℃(가장추운 1월의 평균 기온)
- 태양고도 : 12월 12시를 기준으로 수평면에서 29.160℃

등이 될 수 있으며 이 요소들은 투명 단열재 이용에 많은 영향을 미치게 된다. 특히도 우리는 주어진 기후조건에서 비교적 많은 일사량을 얻을수 있으나 실내, 외 온도차가 커서 많은 난방 에너지를 필요로 한다는것도 알수있다. 그러나 대부분 가장 추운달인 1월에는 방학을 하고 또 낮에만 사용하는 학교 건축물의 경우에는 이러한 실내외 온도차가 일반적인 기후조건에서와 같이 그렇게 크지를 앓기 때문에 태양 에너지 이용면 에서는 훨씬 유리한 조건이 될수있다.

따라서 학교 공간의 사용시간별 실내 외 온도차를 보면 실내온도를 20℃라 가정했을때 방학 직전인 1993년 12월의 가장 추운날과 개학 직후인 1994년 2월의 가장 추운날에서 다음 그림 1과 같이 나타난다 (사용시간은 오전 9시부터 오후 6시로함).

표 1. 12월과 2월중 가장추운날의 사용시간별 평균 실내외온도차

시각	1993년 12월 15일				1994년 2월 10일			
	09	12	15	18	09	12	15	18
실내온도 ℃	+20	+20	+20	+20	+20	+20	+20	+20
외기온도 ℃	-10.3	-5.4	-3.5	-5.0	-9.9	-4.8	-3.9	-3.5
온도차 [K]	30.3	25.4	23.5	25.0	29.9	24.8	23.9	23.5
일사량 [Wh]	22.2	369.4	358.3	2.8	102.8	538.9	522.2	47.2

또한 난방기간동안의 시간별 월평균 외기온도와 일사량을 살펴보면 다음 표 1과 같이 나타난다.

표 2. 시간별 월평균 외기온도및 일사량 (자료:기상청)

시각		실내온도(℃)	외기온도(℃)	온도차(K)	일사량(Wh)
1993년 11월	09	+20	+ 7.9	12.1	56.3
	12	+20	+ 9.9	10.1	227.0
	15	+20	+11.5	8.5	193.4
	18	+20	+ 9.9	10.1	0.2
12	09	+20	- 2.3	22.3	37.1
	12	+20	+ 1.0	19.0	274.2
	15	+20	+ 3.0	17.0	224.5
	18	+20	+ 1.7	18.3	0.1
1994년 2월	09	+20	- 1.5	21.5	81.7
	12	+20	+ 2.8	17.2	401.9
	15	+20	+ 4.7	15.3	383.4
	18	+20	+ 3.5	16.5	42.7
3	09	+20	+ 2.0	18.0	152.7
	12	+20	+ 5.9	14.1	487.6
	15	+20	+ 7.9	12.1	444.0
	18	+20	+ 6.7	13.3	108.0

2.2 건축물

여기서는 투명단열재의 적용을 위한 학교 건축물의 중요한 요소들만 분석 하고자 하며 그 중요한 요소는 다음과 같다:

A. 요구되는 실내공간의 조건

학교건물의 요구되는 중요한 실내공간의 조건은 다음과 같다 [2]:

- 교실, 교무실 : 20°C, - 복도, 계단 : 18°C,
- 화장실 : 15°C

B. 외피의 구조

본 연구를 위해 서울의 신축학교인 서울 불암 국민학교를 선정했다. 선정된 학교 건축물 중 저학년의 한 일반교실의 에너지절약및 투명단열 적용을 위한 요소는 다음과 같다:

- 1.외벽 : 1cm 몰탈바름 +1.0 B 시멘트벽돌 쌓기 +5cm의 단열 +0.5 B 치장쌓기 열관류계수 $k=0.55 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$ [2]
- 2.내벽 : 6 인치 블럭 혹은 경량 칸막이
- 3.창문 : 12mm 복층 투명유리 $k=3.5 \text{ W/m}^2\text{C}$, [2] 총 에너지투과율 $g=0.65$ [3]

C. 시간, 향 그리고 외피에 따른 에너지 소모량

교실의 향은 중복도식으로 남향과북향 혹은 동향과 서향이거나 편복도로 남향으로 배치되어 모든 방향에대한 외벽면의 시간에 따른 에너지 흐름이 1993년도및 1983년도 평균값을 이용하여 비교 분석되었다. 불투명 단열을 했을 경우에는 향과구조에 따른것은 조건이 같기때문에 시간에 따른 월평균 불투명외피를 통한 에너지 소모에 대해 이루어졌으며 아래 그림 3과 같고 투명외피에서의 월평균 향 별 하루동안의 에너지 흐름에 관한것은 아래 그림 4와같다.

표 3. 시각에따른 불투명단열된 불투명외피를 통한 에너지 소모량

(열흐름 : +=에너지소모, -=에너지취득)

시각	외기온도(°C)	온도차(K)	열관류율(W/m²K)	열흐름(W/m²)
1993년 11월	09	+ 7.9	12.1	0.55 + 6.66
	12	+ 9.9	10.1	0.55 + 5.56
	15	+11.5	8.5	0.55 + 4.68
	18	+ 9.9	10.1	0.55 + 5.56
12월	09	- 2.3	22.3	0.55 +12.27
	12	+ 1.0	19.0	0.55 +10.45
	15	+ 3.0	17.0	0.55 + 9.35
	18	+ 1.7	18.3	0.55 +10.07
1994년 2월	09	- 1.6	21.5	0.55 +11.83
	12	+ 2.8	17.2	0.55 + 9.46
	15	+ 4.7	15.3	0.55 + 8.42
	18	+ 3.5	16.5	0.55 + 9.08
3월	09	+ 2.0	18.0	0.55 + 9.90
	12	+ 5.9	14.1	0.55 + 7.76
	15	+ 7.9	12.1	0.55 + 6.66
	18	+ 6.7	13.3	0.55 + 7.32

표 4. 일과시간동안 향에따른 투명외피를 통한 에너지 흐름양(이중창기준)

(열흐름 : +:에너지 소모, -:에너지 취득, $k=3.5, g=0.65$)

월평균 하루 일조시간; 11월:10시간, 12월:9시간, 2월:10시간, 3월:12시간

열흐름에 고려된 하루평균 일과시간:9시간

		월평균하루일사량[kW/m²d]				일과시간동안 열흐름(W/m²d)			
		동	서	남	북	동	서	남	북
1983년	11월	1.06	1.10	1.56	0.93	-207	-231	-500	-131
	12월	0.86	0.95	1.39	0.77	+ 84	+ 25	-261	+142
	2월	1.27	1.80	2.26	1.12	- 88	-398	-667	0
	3월	1.72	2.30	2.57	1.48	-353	-636	-768	-236

위 그림에서 보듯 불투명단열된 불투명 외피를 통해서는 향과 시각과 관계없이 에너지가 소모되고 있는것을 볼수있으며 난방기간중의 일과시간인 9시부터 18시 사이의 총 에너지 소모는 9.11(kWh/m²겨울)에 이르고있다. 여기에 반해 투명외피를 통해서는 그 향과 밀접한 관계를 갖고있는것을 볼수있으며 난방기간동안 방학을 제외한 일과시간동안 남향창을 통해서 65.6 (kWh/m²겨울)의 에너지가 취득되고 있는것에 반해 북향을 통해서 6.8 (kWh/m²겨울)의 에너지가 취득되고 있는것을 볼수 있으며 동향과 서향에서도 투명외피는 에너지 절약면에서 매우 유리한것으로 나타났는데 학교 건축물에서는 채광을 위해 주거용 건축물에 비해 동, 서, 북향에서 투명외피의 비율이 훨씬 큰것이 일반적이기 때문에 학교 건축물의 에너지 절약을 위해서는 높은 비율의 투명외피 비율이 매우 긍정적인 것으로 나타났다.

그러나 현실적으로 이러한 투명외피를 통한 낮동안의 에너지취득은 대부분의 학교 건축물에서 남향을 제외하고는 불가능 한데 그 가장 큰 이유로는 :

- 단열이 안된 금속문틀에 의한 에너지 손실
- 이중창의 결핍
- 허술한 틈새
- 취득된 에너지의 이용방법 결여

－ 기후조건에 따른 일사량의 급격한 변화 등을 들수있지만 이상의 결과에서 우리는 학교 건축물은 낮에만 이용되는 특성을 갖고있어 태양에너지 이용에 있어 다른건축물에 비해 매우 유리한 조건에 있다는 것을 알수있다.

2. 투명 단열재의 적용

학교 건축물의 기존 불투명 단열을 통해서는 위에서 연구된 결과와 같이 낮동안인데도 불구하고 많은 에너지가 외기로 손실되므로 교실의 낮은 온도때문에 학생들의 수업능을 저해원인 혹은 많은 난방에너지 소모를 야기 시키므로 이러한 난방 에너지소모를 최소화 혹은 태양 에너지로 완전 대체시켜 수업능을의 향상및 쾌적한 수업 공간을 조성하기위해 투명 단열재를 학교건축물에 적용시키기 위해 그리고 어데에 적용가능한지를 조사하기위해 다음과같은 사항이 연구되었다.

A. 투명 단열 가능한 불투명 외피의 선정및 투명단열외피의 구성

선정된 서울 불암국민학교의 배치및 층고를 고려해볼때 태양 에너지 취득을위해 인접 공간이나 향을 분석해본 결과 다음과같다.

A.1 태양에너지 취득

- － 저학년 교실이나 강당은 태양에너지 취득에 대한 저해요소가 없음
- － 고학년 교실이나 중학년 교실은 저학년교실과의 충분한 거리및 층고 조절에 의해 태양 에너지 취득의 저해 요소가 거의 없음
- － 모든 교실이 남향이어서 투명단열 적용을 위해서 최적의 조건을 갖추
- － 특히도 지붕면은 태양에너지 취득을위해 매우 좋은 조건을 갖추고있음.

A.2 투명단열외피의 구성

선택된 학교건물의 외피에서 투명단열재의 적용을위해 다음과 같은 사항들이 분석되었다:

－ 학교건물의 외피의 구조

본 논문에서는 기존의 외피를 투명단열 가능한 외피로 다음과 같이 변경하여 제반 사항들을 연구분석함

1. 기존의 중단열을 외단열로 가정하여 5cm의

단열층과 가장 바깥쪽의 0.5B 치장 쌓기의 위치를 바꾸고 붉은 벽돌 대신에 시멘트벽돌로 한다.

2. 이렇게 변경된 30cm 두께의 시멘트벽돌에 5cm의 공기층과 5cm의 투명단열재를 시공한후 4mm의 유리로 마감시공한다.

3. 투명단열된 불투명외피의 열관류계수 $k=0.79$

투명단열부분의 총에너지 투과율 $g=0.67$

투명단열부분의 열전도저항 $Ro=0.78$

－ 투명단열재 및 시스템의지지

변경된 구조물에의 투명단열재나 그 시스템의 고정은 아무런 어려움이 없는것으로 나타남

B. 투명 단열 가능한 투명외피의 선정및 투명 단열 구조

학교 건축물에서 교실의 투명외피는 수업의 집중을 위해 가능한 외부와 시각적으로 차단되는것이 바람직하므로 투명단열가능한 투명 외피로는 모든 채광용 창이 될것이며 복도와 접한 기존으로도 반투명 유리가 사용된 모든 투명외피에 투명단열의 적용이 가능하다.

이러한 투명외피용 투명단열 시스템의 구조는 기존의 이중유리 구조와 동일하며 본 연구 논문에서 비교분석을위해 선정한 유리 4mm + 투명단열재 50mm + 유리 4mm의 예를들면 총 에너지투과율및 열관류계수는 아래와 같다.

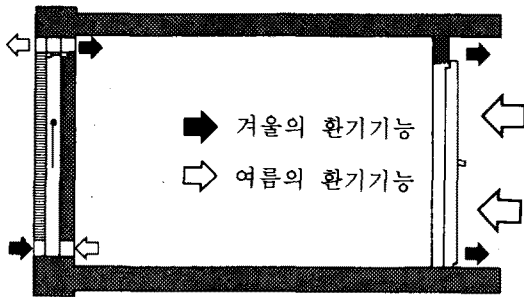
$$g=0.67, k=1.36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})\dots\dots\dots[2]$$

C. 여름철의 과열대책

투명단열재를 적용시키는데 있어 가장 큰 문제점중의 하나가 바로 여름철과 환절기의 과열 차단 장치이다. 유럽에서는 이러한 과열차단장치로 감아 올리는식의 커튼을(롤로) 사용하고 있는데 그 비용이 너무 고가이어서 경제성에서 그리고 운영면에서 문제점들이 발생하고있다. 더욱이 이러한것이 학교 건축물에는 적당치않다고 판단되어 외벽으로 공급되는 에너지를 차단시킬 필요없이 역으로 이 취득되는 태양 에너지를 이용한 배기방식에 의한 과열방지 대책을 아래 그림의 기능에서와 같이 연구되었다. 즉, 아래 그림과 같이 환기기능을 두어 실

내기류의 흐름을 빠르게하여 북측으로부터 시원한 공기를 흡입하여 투명 단열된 외피의 공기층을 통과하여 배기되는 동안 건축물의 불투명 구조물은 냉각되고, 재실자는 북측의 냉각된 공기와 빠른 실내기류속도에 의해 체감온도를 저하시켜 냉방기능까지 갖게 한다는 것이다.

표 5. 공기층을이용한 여름철의 과열방지및 냉각효과



3. 투명 단열외피의 에너지 취득

A. 월별 사용 시간에따른(낮) 난방 기간동안의 에너지 손실과 취득량

A.1 투명단열된 불투명외피

투명단열된 외피를 통한 에너지의 취득여부를 계산하기 위해서는 지금까지의 일반적인 구조물을 통한 열흐름에관한 수식으로는 불가능하며 필연적으로 일사량이 계산에 고려된 수식이 필요한데 이것은 Fourier의 열전도 방정식으로부터 유도되어 아래와 같이 나타날수있다.

투명단열된 불투명외피를 통한 에너지양: $q = (1/Rt) * (Ro * g * I - \Delta T)$
 투명단열된 투명외피를 통한 에너지의양: $q = (g * I) - (1/Rt * \Delta T) \dots [2]$

Rt : 투명단열된 불투명외피의 열관류저항

Ro : 투명단열외피 부분의 열전도저항

g : 총 에너지투과율, I : 총 일사량, ΔT : 실내, 외 온도차

위 수식에 의해 난방기간동안 시간별 투명단열된 불투명외피를 통한 단위면적당 평균 에너지 흐름은 다음과 같다 (+ : 에너지 손실, - : 에너지취득)

표 6. 일과시간동안 투명단열된 불투명외피를 통한 에너지 흐름양

시각		외기온도(°C)	온도차(K)	일사량(W/m²)	열흐름(W/m²)
1993년 11월	09	+ 7.9	12.1	56.3	+ 13.66
	12	+ 9.9	10.1	227.0	+ 85.7
	15	+11.5	8.5	193.4	+ 73.1
	18	+ 9.9	10.1	0.2	+ 7.9
12월	09	- 2.3	22.3	37.1	+ 2.3
	12	+ 1.0	19.0	274.2	+ 98.2
	15	+ 3.0	17.0	224.5	+ 79.3
	18	+ 1.7	18.3	0.1	+14.4
1994년 2월	09	- 1.6	21.5	81.7	+ 16.7
	12	+ 2.8	17.2	401.9	+152.3
	15	+ 4.7	15.3	383.4	+146.2
	18	+ 3.5	16.5	42.7	+ 4.6
3월	09	+ 2.0	18.0	152.7	+ 48.8
	12	+ 5.9	14.1	487.6	+190.2
	15	+ 7.9	12.1	444.0	+173.7
	18	+ 6.7	13.3	108.0	+ 34.1

이 결과에서보듯 시간별 월 평균값에의한 불투명외피를 통한 에너지 취득은 투명단열을 했을 때 남향에서 일과시간동안내 지속적으로 취득되고있으며 이렇게 불투명외피를 통해 취득되는 에너지는 투명외피를 통해 취득되는 에너지와는달리 일단 외피 구조물에 축적된후 타임랙 효과를 가지고 서서히 실내로 공급되는 장점과해가 없어도 일정시간동안 (구조물의 열 축적용량에 따라 차이는 있으나) 축적된 열에의해 난방효과가 지속되며, 또한 취득된 에너지를 효율적으로 이용할경우 환기에 의한 열손실까지 대체 시켜줄수 있을것이다. 이러한 계산을 1983년도의 수직면에대한 향별 일사량을 가지고 투명외피에서 적용했던 것처럼 월평균치를 가지고 simulation 해보면 아래 그림 7과 같다.

표 7. 일과시간동안 향에따른 불투명외피를 통한 에너지 흐름양

(열흐름; +:에너지 소모, -:에너지 취득)

월평균 하루 일조시간 : 11월:10시간,

12월:9시간, 2월:10시간, 3월:12시간

.....1993년도 자료

열흐름에 고려된 하루평균 일과시간:9 시간

		월평균하루일사량[kW/m ² 년]				일과시간동안 열흐름(W/m ² 년)			
		동	서	남	북	동	서	남	북
1983년	11월	1.06	1.10	1.56	0.93	-301	-316	-487	-252
	12월	0.86	0.95	1.39	0.77	-210	-247	-429	-173
1994년	2월	1.27	1.80	2.26	1.12	-324	-521	-692	-268
	3월	1.72	2.30	2.57	1.48	-423	-603	-686	-349

표 7에서 보듯 일과시간 동안에는 투명단열된 불투명 외피를 통해서는 향에 무관하게 더이상 에너지의 손실이 없고 모든 불투명 외피는 태양 에너지를 취득하여 환기 손실 에너지까지 공급해주는 에너지 원이 되고있음을 볼수있다. 특히도 불투명 단열된 불투명 외피에서는 향에 무관하게 9.11kWh/m² 씩 손실되고 있는 반면에 투명단열된 불투명외피를 통해서는 남향일경우 68.6kWh/m², 그리고 북향에서까지 31.2kWh/m²씩 태양 에너지가 취득되고 있는것을 볼수있다.

위 결과에서 학교건축물의 불투명 외피에는 향에 무관하게 투명단열재를 시공하여 태양에너지의 취득원이 되게할수 있다는 것을 알수있다.

A.2 투명단열된 투명외피

난방기간동안 시간별 투명단열된 투명외피를 통한 단위면적당 평균 에너지 흐름은 다음과 같다 (+: 에너지 손실, -: 에너지취득)

- 수평면 일사량을 남향일사량으로 계산 -

표 8. 일과시간동안 투명단열된 투명외피를 통한 에너지 흐름양

시간		외기온도(°C)	온도차(K)	열관류율(W/m ² K)	열흐름(W/m ²)
1993년	09	+ 7.9	12.1	56.3	- 21.2
	12	+ 9.9	10.1	227.0	-138.5
	15	+11.5	8.5	193.4	-118.0
11월	18	+ 9.9	10.1	0.2	+ 13.5
	09	- 2.3	22.3	37.1	+ 5.4
12월	12	+ 1.0	19.0	274.2	-157.9
	15	+ 3.0	17.0	224.5	-127.3
	18	+ 1.7	18.3	0.1	+ 24.8
1994년	09	- 1.6	21.5	81.7	- 25.5
	12	+ 2.8	17.2	401.9	-245.9
	15	+ 4.7	15.3	383.4	-236.1
2월	18	+ 3.5	16.5	42.7	- 6.2
	09	+ 2.0	18.0	152.7	- 77.8
3월	12	+ 5.9	14.1	487.6	-307.5
	15	+ 7.9	12.1	444.0	-281.5
	18	+ 6.7	13.3	108.0	- 54.4

위의 계산을 1983년도의 수직면에대한 향별 일사량을 가지고 투명외피에서 적용했던 것처럼 월평균치를 가지고 simulation 해보면 아래 그림과 같다.

표 9. 일과시간동안 향에따른 투명단열된 투명외피를 통한 에너지 흐름양

(열흐름: +:에너지 소모, -:에너지 취득)
 월평균 하루 일조시간: 11월:10시간,
 12월:9시간, 2월:10시간, 3월:12시간
1993년도 자료
 열흐름에 고려된 하루평균 일과시간:9시간

시간		월평균하루일사량[kW/m ² 년]				일과시간동안 열흐름(W/m ² 년)			
		동	서	남	북	동	서	남	북
1983년	11월	1.06	1.10	1.56	0.93	-479	-503	-780	-400
	12월	0.86	0.95	1.39	0.77	-327	-387	-682	-267
1984년	2월	1.27	1.80	2.26	1.12	-511	-831	-1108	-421
	3월	1.72	2.30	2.57	1.48	-676	-968	-1103	-556

표 9에서 보듯 투명단열된 투명외피를 통해서도 역시 향에 구애없이 에너지가 취득되고있음을 볼수있으며 특히 북향 에서도 에너지가 취득되고 있음을 볼때 제반 기존의 학교 건축물의 채광용 북측 투명외피에 투명 단열을 이용할 경우 그 에너지 절약에 있어서 더욱 효과적일 것이다. 기존의 학교 건축물에서 투명외피에 이중창을 사용했을경우 난방기간동안 남측으로부터 65.6kWh/m², 그리고 북측으로부터 6.8kWh/m²의 에너지가 취득되고있는반면, 투명단열된 창을 사용했을경우 남측으로부터 109.75kWh/m², 그리고 북측으로부터는 49.3kWh/m²의 높은 에너지 취득율을 볼수있다.

B. 가장 추운날에의 에너지 흐름

이러한 투명단열된 외피를 통한 태양에너지 취득은 가장 추운날인 1993년 12월 15일을 보아도 풍족한 일사량과 높은 에너지 취득율에 힘입어 아래 그림과 같이 아침 9시를 제외한 일과시간동안 많은 태양에너지가 취득되고있음을 알수있다. 여기에서 18시에서의 에너지 손실은 큰 의미가 없는데 그이유는 타임랙 효과에 의해 낮동안 취득된 에너지가 아직 구조물을 통해 실내에 공급되고 있는데다 이미 이시간 이후에는 공간이 더이상 이용되지 않기에

문이다. 1994년 2월 10일은 1993년 12월 15일보다 일사량이 풍족하여 따로 계산해볼 필요도 없이 더많은 에너지가 취득되는것을 짐작할 수있다.

표 10. 가장추운날의 투명단열외피의 에너지흐름
(+: 에너지 손실, -:에너지 취득)

시 각	1993년 12월 15일			
	09	12	15	18
온도차 (K)	30.3	25.4	23.5	25.0
일사량 (Wh/m ²)	22.2	369.4	358.3	2.8
에너지흐름양 (Wh/m ²)	+14.8	-132.4	-129.4	+18.6

III. 결 론

학교건축물과 같이 낮동안만 사용되는 건축물의 투명단열을 통한 태양 에너지 이용효과는 위에서보듯 막대한 것이어서 11월과 12월의 아침 일과시작시간에 에너지가 손실 되는것 이외에는 전부 취득 되는것으로 나타났으며 아침 9시의 에너지 손실도 9시가 지나면서 서서히 에너지가 취득되어 10시부터는 전 난방기간동안 에너지가 취득되어 난방에너지의 태양에너지로의 완전 대체효과를 충분히 기대할수 있는 것으로 나타났으며 그 중요 에너지 취득양은 난방기간동안 다음과 같다.

표 11. 각종 외피를 통한 에너지 흐름
(+: 에너지 손실, -:에너지 취득)

외피의 종류	일과시간동안 에너지 취득량 [kWh/m ² 겨울]			
	동향	서향	남향	북향
불투명단열된 불투명외피	+ 9.1	+ 9.1	+ 9.1	+ 9.1
투명외피(이중창)	-17.0	-19.5	- 65.6	- 6.8
투명단열된 불투명외피	-37.7	-50.4	- 68.6	-31.2
투명단열된 투명외피	-59.8	-80.4	-109.7	-49.3

이러한 에너지 취득양은 그러나 온도차에서 일평균 기온을 적용시켰기 때문에 일과시간동안의 평균 외기온도를 적용시킬경우 이보다 높게 나타날것인데 여기에 한 일반교실을 예로들

어 그 환기에 의한 손실에너지를 계산해보면:

$$H=0.29 * Q * (t1-t2),$$

Q 여기서 환기횟수법을 적용하여 $Q=n * V$ 라하고 시간당 1회 환기시킨다고 가정하면

$$H(11)=205.3kWh$$

$$H(12)=330.3 kWh$$

$$H(2) =342.4 kWh$$

$$H(3) =249.4 kWh$$

H(겨울)=1127.4 kWh 가 되는데 이것은 예로든 일반교실의 경우 남향으로 되었고 투명외피의 면적이 약 10m²에 취득 에너지가 1097kWh 이고 불투명 외피의 면적은 약 15m²에 취득 에너지가 1029kWh 가되어 총 2126kWh 의 태양 에너지를 취득하게되어 환기에 의한 손실 열까지 투명단열된 외피를 통해 취득된 태양 에너지에 의해 대체될수 있는것을 볼수있다.

이것은 조건이 가장나쁜 북향에서까지 투명단열된 외피를 통해 취득된 에너지가 1163.5kWh로서 일과시간동안 태양에너지에 의한 교실의 난방효과는 그 향에 관계없이 완전대체가 가능하다는것을 볼수있다.

물론 이상의 연구결과에는 아직 해결되어야 할 몇가지 문제점이 있다. 그것은 무엇 보다도

- 일사량의 불규칙
- 외기온도의 변화

등을 들수있겠으나 이러한 문제점은 취득된 에너지 이용방법의 연구에 의해 어느정도까지 해결될수있고, 또한 경제적인 면에서도 단위 면적당 (m²) 5만원 정도에 시공될수있어 앞으로 투명단열재의 학교 건축물체에의 보다 많은 적용이 기대되는 바이다. 여기에

- 계획된 환기(폐열회수장치)
- 틈새의 기밀성
- 문틀재료의 단열
- 구조물의 중량하
- 취득된 에너지의 효과적 이용방식

등이 고려된다면 훨씬더 많은 에너지 절약대책이 이루어 질수있어 투명단열 적용면적은 훨씬 적은것으로도 에너지 절약대책이 이루어 질수 있을것이다.

參 考 文 獻

- 이경희 [건축 환경 계획], 문운당, 1993
- Schild, u.a. Bauphysik, Viewegs Verlag, 1991
- 이 성, Anwendung transparenter Waermedaemmung Hannover, Universitaet Hannover, Institut fuer Industrialisierung des Bauens, Diss., 1993
- 이 성, 투명 단열재를 통한 획기적인 에너지절약 대한건축학회지, 제 37권 제 6 호, 1993
- Schmid, J. Transparente Waermedaemmung – Energiehaushalt von Bauten –
In : Arcus 14, Koeln, 1994
- Balk, W. Fassadenintegrierte Solarmodule, In Sonnenenergie (Feb. 1991), Heft 1
- Braun, P. O. Niedrigenergiehaeuser,
In:Sonnenenergie Heft 2, 1992 – 04
- Goetzberger, A. Transparente Waermedaemmung,
In : Sonnenenergie 17 Heft 2, 1992 – 04
- Hilbig, G. Das thermische Verhalten partiell transparenter Waende,
In:Bauphysik 13 (1991), Heft 6
- Hullmann, H. Rationelle Energieverwendung in Gebaeden,
In:Betan – Und Fertigteiljahrbuch, 1992
- Jesch, L. Proceeding of the 5th International Meeting on Transparent Insulation Technology, Freiburg, 1992
- Kraus, R. Energietransport durch transparente und nicht transparente Aussenwandwandkonstruktionen,
In:Bauphysik 13 (1991), 14 (1992)
- Rath, J. Transparent Insulation, In : Referat in 5th International Meeting on transparent Insulation Technology, 24–26 May 1992, Freiburg, Germany
- Bauministerium Energetische fuer Forschung und Technologie
Energetische Optimierung der Solarapertur Bundesministeruium fuer Forschung und Technologie, Statusbericht, 1989
- Goetzberger, A. Experimentelle Ergebnisse einer transparent waermedaemnten Hausfassade, Fraunhofer – Institut fuer Solare Energiesysteme, Freiburg, 1986, Forschungsbericht
- Reichmann, J. Entwurf und Auslegung eines Energiesparhauses mit minimalem Heizbedarf, Fraunhofer – Institut fuer Solare Energiesysteme, Forschungsbericht, Freiburg, 1985
- Boy, E. Heizenergieeinsparung durch Waende mit transparenten Waermedaemmschichten – Rechenergebnisse unter idealisierten Innenrandbedingungen, Fraunhofer – Institut fuer Bauphysik, Forschungsbericht, Stuttgart, 1985
- Haferland, F. Sonnenenergie aus Kollektorfasaden und ihre Speicherug in beluefteten Betonkonstruktionen,
In:das Bauzentrum 5 (1986)
- Goetzberger, A. Das energieautarke Solarhaus, Fraunhofer – Institut fuer Solare Energiesysteme In:Sonnenenergie Heft 3, 1990–06
- Goetzberger, A. Transparente Waermedaemmung zur passiven Sonnen – energienutzung an Gebaedenfassaden,
In:Arcus 1, 1984
- Deutsches Institut fuer Normung e. V.
DIN 4701, Regeln fuer die Berechnung des Waermebedarfs von Gebaeduen, TEil 2, 1983
- Deutsches Institut fuer Normung e. V.
DIN 4108, Waermeschutz im Hochbau, Teil 4, Dez. 1985
- Hullmann, H. Anforderungskriterien fuer Energiegedaecher, Hannover, Universitaet Hannover, Habilitations – schrift, 1984
- Kiraly, J. Architektur mit der Sonne, Bd. 1, 2, Karlsruhe, 1987
- Kast, W. Gebaeude ohne Heizwaermeverbrauch In:Gesundheits – Ingenieur, Heft 5, 1991